

PAPEL DA ANALOGIA DO “MAR DE ELÉTRONS” NA COMPREENSÃO DO MODELO DE LIGAÇÃO METÁLICA

CARVALHO, NILMARA B. e JUSTI, ROSÁRIA S.
Universidade Federal de Minas Gerais, Brasil.

Palavras chave: Analogias; Ligação metálica; Aprendizagem.

OBJETIVOS

No ensino de Química no nível médio, o único modelo apresentado para os alunos para explicar a formação da ligação metálica é aquele fundamentado na analogia do “mar de elétrons”. Isso acontece tanto no Brasil – onde essa pesquisa aconteceu – quanto em outros países. Motivadas pela nossa experiência em sala de aula e por relatos encontrados na literatura que apontam para uma grande dificuldade dos alunos em entender a formação da ligação metálica e aplicar essas idéias na explicação das propriedades dos metais, buscamos, nesta pesquisa:

- avaliar como os alunos do ensino médio compreendem a analogia do “mar de elétrons”;
- verificar quais aspectos da analogia os alunos identificam como úteis na compreensão da ligação metálica;
- verificar quais limitações os alunos identificam com relação ao uso dessa analogia;
- avaliar se e como os alunos utilizam essa analogia para explicar a condução de corrente elétrica pelos metais.

ASPECTOS TEÓRICOS

Em Ciências, um *modelo* pode ser definido como uma representação de uma idéia, objeto, evento, processo ou sistema. Tal representação pode ser usada para fazer previsões, guiar pesquisas, resumir dados, justificar resultados e facilitar a comunicação”.

O ensino de Ciências (e, particularmente, o de Química) envolve, muitas vezes, conceitos abstratos e de difícil compreensão. Na tentativa de facilitar o aprendizado, professores e autores de materiais instrucionais desenvolvem *modelos de ensino*: representações produzidas com o objetivo específico de ajudar os alunos a entenderem algum aspecto do conteúdo que se deseja ensinar. Entre os modelos de ensino, as analogias apresentam um papel muito importante, uma vez que elas propiciam a associação entre um aspecto que é desconhecido dos alunos (chamado de domínio alvo) e outro que lhes é familiar (chamado de domínio análogo) (Glynn, 1989).

Embora o potencial das analogias para favorecer a aprendizagem dos alunos tenha sido reconhecido por inúmeros pesquisadores (por exemplo, Glynn, 1989), o seu uso por professores e autores de livros didáticos é reconhecido, por esses mesmos pesquisadores, como limitado.

No ensino de ligações metálicas, um modelo de ensino freqüentemente utilizado por professores e autores de livros é a analogia do “mar de elétrons”. De acordo com ela, nos metais os elétrons se movimentam livremente entre os íons metálicos (cátions) que os atraem como se fossem um mar no qual tais íons estariam submersos. Espera-se, com a utilização dessa analogia, que os alunos sejam capazes de compreender significativamente a deslocalização dos elétrons e a sua interação com vários núcleos atômicos. No entanto, pesquisas têm constatado que existe uma grande dificuldade por parte deles em construir modelos mentais baseados na analogia do “mar de elétrons” (Coll and Treagust, 2003; de Posada, 1999; Taber, 2003). Taber, por exemplo, destaca que “os estudantes parecem aceitar a metáfora do ‘mar’ sem críticas” e que parecem “desenvolver a idéia de cátions e/ou elétrons flutuando, nadando, etc. em um mar” (Taber, 2003, p. 751).

Acreditando que a partir do entendimento de como os alunos realmente entendem a analogia do “mar de elétrons” podemos fundamentar propostas para o ensino do tema ligações metálicas que resultem em aprendizagem significativa dos alunos, conduzimos o estudo aqui relatado.

DESENVOLVIMENTO

A coleta de dados foi realizada através de um questionário escrito. Tal opção foi feita porque pretendíamos conhecer as idéias de um número significativo de alunos e porque questionários podem ser aplicados por qualquer professor em suas salas de aula. Nesse sentido, essa pesquisa pode ser um fator incentivador para que outros professores investiguem as idéias de seus alunos sobre esse tema.

O questionário consistia de cinco questões: a primeira solicitava que os alunos expressassem suas próprias idéias (através de desenhos e verbalmente) sobre como os átomos de ferro se mantêm unidos; a segunda solicitava que eles explicassem o que entendiam pela expressão “mar de elétrons”; a terceira investigava se a idéia do “mar de elétrons” os ajuda ou não a entender como os metais são formados; na quarta questionamos sobre o fato de existirem ou não problemas no uso da expressão “mar de elétrons” com relação à formação dos metais; e, finalmente, na quinta, solicitamos que os alunos explicassem o fato de os metais conduzirem corrente elétrica.

Após ser validado em um estudo piloto, esse questionário foi aplicado a uma amostra constituída de 102 alunos (14-16 anos) de uma escola particular. Tais alunos haviam terminado o estudo de ligações químicas duas semanas antes de responderem o questionário.

Considerando os objetivos das questões e as respostas dos alunos, foi desenvolvido um sistema de categorias para fundamentar a análise dos dados. Tal análise foi realizada, inicialmente, de forma independente pelas duas pesquisadoras. Em seguida, os resultados foram comparados e discutidos objetivando atingir um consenso. Em seguida, a análise realizada foi submetida à apreciação de outra pesquisadora que não havia participado da elaboração do sistema de categorias. Assim, uma triangulação de pesquisadores foi aplicada buscando garantir a validade da análise dos dados. Os principais resultados obtidos na análise dos dados foram os apresentados a seguir.

Pouco mais de 10% dos alunos demonstraram entender a expressão “mar de elétrons”, associando-a a elétrons em movimento entre cátions. 30% associaram-na apenas aos elétrons livres. Os demais alunos demonstraram não entender seu significado ao relacionarem-na: apenas a muitos elétrons, a elétrons localizados na estrutura interna do átomo, a elétrons ligados entre si, a elétrons mergulhados em um sistema, ou a outras idéias confusas.

Ao serem questionados sobre se a idéia do “mar de elétrons” ajuda a entender a formação dos metais, a maioria dos alunos (65%) reconheceu que sim, principalmente por ela evidenciar algum aspecto da ligação. Porém, a maioria desses alunos não utilizou essa idéia para explicar a condutibilidade elétrica dos

metais e muitos não foram capazes de justificar sua opinião. Quase um terço dos alunos admitiram que a analogia não facilita a compreensão da estrutura dos metais. Suas justificativas indicam que eles: não percebem a relação existente entre os domínios análogo e alvo, entendem a analogia como fazendo parte da ligação ou sendo uma característica dela, ou, ainda, negam a possibilidade do estabelecimento da analogia (por não conseguirem visualizar como seria um “mar de elétrons”, por não identificarem corretamente as relações analógicas, ou por não entenderem o significado de uma analogia).

Em relação às limitações da analogia, 92,5% dos alunos não as reconheceram ou, quando o fizeram, suas justificativas não foram coerentes. Isso parece indicar que a grande maioria dos alunos aceita a analogia apresentada no contexto escolar sem críticas, como uma verdade absoluta.

Finalmente, quando solicitados a explicar a condução de corrente elétrica pelos metais, somente 29% dos alunos utilizaram a idéia do “mar de elétrons” de forma correta. Apesar disso, a maioria desses alunos tinha sido incapaz de explicar, de forma coerente, como os átomos metálicos se mantêm unidos. Quase 60% dos alunos explicou a condução de corrente elétrica de forma incorreta, sendo que a maioria deles não usou a idéia do “mar de elétrons” em sua explicação.

CONCLUSÕES

Os resultados desse estudo corroboram a visão geral apresentada na literatura de que ligação metálica é um tópico de difícil compreensão por parte dos alunos (Coll and Treagust, 2003; de Posada, 1999; Taber, 2002, 2003). A realização dessa pesquisa, assim como o conhecimento de como o tema ligação metálica é ensinado evidenciaram que o modelo apresentado aos alunos não enfatiza:

- a formação do arranjo tridimensional dos cátions;
- a existência de forças atrativas entre cátions e elétrons como responsável pela união dos mesmos e estabilidade da estrutura. Ao contrário, a ênfase na liberdade dos elétrons parece fazer com que seja difícil para os alunos conciliar essa idéia com a da existência de forças de atração;
- a existência de forças de repulsão entre os cátions e entre os elétrons, assim como a importância das mesmas para a definição e manutenção da estrutura tridimensional.

Em outras palavras, o único aspecto enfatizado é a mobilidade dos elétrons – muitas vezes sem clareza sobre quais elétrons podem estar deslocalizados em um determinado metal. Isso não implica, entretanto, que a analogia do mar de elétrons não deva ser introduzida no ensino. O que defendemos é que, como no caso de todas as outras analogias utilizadas como modelos de ensino, os professores promovam a discussão:

- das idéias prévias dos alunos importantes para o entendimento da mesma (como, por exemplo, o significado de naturezas elétricas diferentes e das forças possíveis de existir entre entidades de diferentes naturezas elétricas) quando ela for introduzida pela primeira vez;
- das partes positivas da analogia, mas enfatizando que elas não esgotam a explicação da formação da ligação;
- das partes negativas da analogia, a fim de que os alunos não as tomem como positivas e, a partir daí, sejam capazes de propor explicações coerentes para as propriedades dos metais;
- do papel da analogia na compreensão do modelo científico proposto para explicar a formação dos metais. Isso seria essencial para que os alunos não utilizassem a analogia como se ela fosse a própria ligação metálica.

Além disso, considerando que o objetivo principal do estudo de ligações químicas é fundamentar o entendimento das propriedades e dos comportamentos dos materiais, acreditamos ser de extrema importância que os ensinamentos de eletricidade e ligação metálica (assim como, futuramente, o de eletroquímica) sejam mel-

hor articulados. Atualmente, os alunos são ensinados sobre ligações metálicas na disciplina Química, mas nada é discutido, nessa disciplina, sobre a natureza da corrente elétrica. Além disso, o ensino de eletricidade (na disciplina Física) não ocorre no mesmo ano em que os alunos aprendem sobre ligação metálica. Nesse sentido, talvez estejamos exigindo demais ao esperar que os alunos dessa faixa etária consigam relacionar a idéia do “mar de elétrons” com a condução de corrente elétrica. As reflexões feitas durante a realização dessa pesquisa – tanto a partir da análise dos dados quanto do contato com a literatura – suportam nossa convicção de que a busca por propostas e ações articuladas entre professores de Química e Física é essencial para que os alunos possam aprender significativamente como os metais são constituídos e porque eles apresentam determinadas propriedades.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- COLL, R.K. and TREAGUST, D.F. (2003). Learners' mental models of chemical bonding. *Science Education*, Vol. 87 (5), 685-707.
- DE POSADA, J.M. (1999). The presentation of metallic bonding in high school science textbooks during three decades: science educational reforms and substantive changes of tendencies. *Science Education*, Vol. 83 (4), 423-447.
- GLYNN, S.M. (1989). Explaining Science Concepts: A Teaching-with-Analogies Model. In S.W. Glynn, R.H. Yeany and B.K. Britton (eds.) *The Psychology of Learning Science*. (pp. 219-240) Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum.
- TABER, R. (2002). *Chemical misconceptions – preventions, diagnosis and cure. Volume I: theoretical background*. London: Royal Society of Chemistry.
- TABER, R. (2003). Mediating mental models of metals: acknowledging the priority of the learner's prior learning. *Science Education*, Vol. 87 (5), 732-758.